

КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

ХАЛИУЛЛИНА Лилия Юнусовна

**СТРУКТУРА СООБЩЕСТВ ФИТОПЛАНКТОНА
МЕЛКОВОДИЙ ВОЛЖСКОГО И ВОЛЖСКО-
КАМСКОГО ПЛЕСОВ КУЙБЫШЕВСКОГО
ВОДОХРАНИЛИЩА**

03.00.16 – Экология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

КАЗАНЬ — 2009

Работа выполнена на кафедре зоологии позвоночных
Казанского государственного университета

Научный руководитель: доктор биологических наук,
профессор Яковлев В.А.

Официальные оппоненты: доктор биологических наук,
профессор Охупкин А.Г.

кандидат биологических наук
Тарасова Н.Г.

Ведущая организация: Институт биологии внутренних
вод РАН им. И.Д. Папанина

Защита состоится «22» октября 2009 г. в 14.30 часов на
заседании диссертационного совета ДМ 212.081.19 при
Казанском государственном университете по адресу: 420008, г.
Казань, ул. Кремлевская, 18.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Казанского
государственного университета. Автореферат разослан «__»
сентября 2009 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат биологических наук

Зелеев Р.М.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Прогрессирующее эвтрофирование и ухудшение качества воды в равнинных водохранилищах с первых лет их существования, а также периодическое и стихийное колебание уровня воды – экологические и экономические проблемы, требующие решения (Авакян и др., 1987; Авакян, 1990, 2002; Вода ..., 2001; Куйбышевское ..., 2008 и др.). Значительные сезонные и межгодовые колебания уровня воды приводят к изменению морфологических, гидрологических, биолого-продукционных и других параметров водохранилищ. Наибольшему воздействию подвергаются мелководья, сезонное осушение которых приводит к временной трансформации водной экосистемы в наземную.

Одним из основных показателей, определяющих трофическое состояние и биологическую продуктивность водных объектов, является структурная организация планктонных водорослей. Проблема «цветения» воды в результате массового развития отдельных видов планктонных цианобактерий и эукариотических микроводорослей остается на протяжении последних десятилетий одной из актуальных фундаментальных и прикладных задач современной пресноводной гидробиологии.

Изучению фитопланктона Куйбышевского водохранилища посвящены многочисленные публикации (Лаврентьева, 1977; Экология ..., 1989; Паутова, Номоконова, 1994; 2001; Охапкин, 1994; Герасимова, 1996; Охапкин и др., 1997 и др.). Сезонные изменения продуктивности планктонных водорослей Куйбышевского водохранилища, как и других водоемов, можно объяснить динамикой погодных и гидрологических условий (Минеева, Пырина, 1986; Пырина, Минеева, 1990). Причины межгодовых вариаций продуктивности фитопланктона в один и тот же биологический сезон разных лет остаются пока недостаточно раскрытыми.

Цель и задачи исследования. Цель работы – выявление закономерностей формирования, распределения и динамики сообществ фитопланктона мелководий Куйбышевского водохранилища на примере Волжского и Волжско-Камского плесов. Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи:

1. Изучение качественных и количественных показателей планктонных водорослей в разных типах биотопов мелководий.
2. Выявление особенностей пространственной и временной динамики сообществ фитопланктона в условиях зарегулированного стока и основных факторов, влияющих на них.
3. Исследование причин и механизмов межгодовых флуктуаций фитопланктона, особенно синезеленых водорослей, вызывающих «цветение» воды.

Научная новизна работы заключается в том, что впервые проведен сравнительный анализ фитопланктона различных типов биотопов

мелководий Куйбышевского водохранилища, выявлены закономерности пространственной и временной динамики.

По результатам многолетних наблюдений рассмотрены особенности суточных, сезонных и межгодовых флуктуаций численности и биомассы планктонных водорослей в связи с изменением уровня воды в рассматриваемой части водохранилища.

Показано, что динамика уровня воды совместно с климатическими условиями в вегетационный период - определяющие факторы для развития фитопланктона водохранилища.

Теоретическое и практическое значение. Изучение закономерностей структурных флуктуаций фитопланктона, в том числе синезеленых водорослей, вызывающих «цветение» воды, в условиях нестабильного уровня режима равнинных водохранилищ, позволило выявить их причины и установить механизмы уменьшения их негативных последствий.

Выявлены основные закономерности формирования сообществ фитопланктона различных типов биотопов прибрежных мелководий Куйбышевского водохранилища, отличающихся уровнем трофности и подверженностью ветровому и волновому воздействию.

Результаты работы вошли в отчеты по фундаментальным темам Института экологии природных систем АН Республики Татарстан (РТ), а также в отчеты по научно-прикладным исследованиям, выполненных в рамках НИОКР АН РТ (2000-2002 гг.), в отчеты факультета географии и экологии, биолого-почвенного факультета Казанского госуниверситета. Исследования в 2000-2001 гг. выполнены в рамках международной программы INTAS: «Metabolic Biodiversity and Monitoring of Benthic forms: Strategies of Adaptation for Different Oxygen regimes controlled with Natural and Anthropogenic factors», в 2002-2004 гг.: «Influence of water level fluctuation on *Typha*-dominated littoral communities of the Kuybyshev Water Reservoir (Tatarstan Republic, Russia)», финансируемого фондом Volkswagen Stiftung; Ref. № I/77 616.

Материалы диссертации могут быть использованы для разработки и внедрения комплексных программ гидроэкологии и водохозяйственной деятельности водохранилищ, направленных на управление процессами формирования качества воды.

Защищаемые положения.

1. Динамика структуры сообществ и количественных показателей фитопланктона мелководий Куйбышевского водохранилища зависит, главным образом, от концентрации биогенных веществ, а также от рельефа, проточности и динамики водных масс, степени зарастания высшей водной растительностью прибрежно-мелководно-осушной зоны.

2. Основные различия фитопланктонных сообществ различных типов биотопов мелководий проявляются в структуре доминирования определенных видов водорослей. Наиболее выравненные и с высоким видовым

разнообразием сообщества формируются в зарослях макрофитов.

3. Уровненный режим в сочетании с климатическими условиями – определяющие факторы развития фитопланктона на мелководьях водохранилища. Отрицательные последствия эвтрофирования в виде «цветения» воды можно уменьшить поддержанием стабильного уровня воды не ниже НПУ (53 м БС) в летний период.

Апробация работы. Материалы диссертационной работы доложены на международных научных конференциях: «Management of Northern River Basins» (Oulu, Finland, 2001), «Экологические проблемы литорали равнинных водохранилищ» (Казань, 2004); «Вопросы общей ботаники: традиции и перспективы» (Казань, 2006); «Биология внутренних вод: Проблемы экологии и биоразнообразия» (Борок, 2002); «Современные аспекты экологии и экологического образования» (Казань, 2005); «Эколого-гидрологические проблемы изучения и использования водных ресурсов» (Казань, 2006); «Роль особо охраняемых природных территорий в сохранении биоразнообразия» (Казань, 2002); «Актуальные экологические проблемы Республики Татарстан» (Казань, 1995, 2000, 2003, 2004, 2007) и др.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 40 работ, в том числе главы в двух коллективных монографиях; 2 – в изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

Структура и объем диссертации. Работа состоит из введения, 5 глав, выводов, списка литературы и приложения, изложена на 196 страницах, иллюстрирована 30 рисунками и 23 таблицами. Список литературы включает 257 работ, из которых 45 на иностранных языках.

Благодарности. Искренне признательна своему научному руководителю д.б.н., профессору Яковлеву В.А., своим учителям [Шаландиной В.Т.], Салахутдинову А.Н., Зиганшиной Р.К., супругу Халиуллину И.И. и детям за поддержку и помощь, а также сотрудникам Лаборатории оптимизации водных экосистем, кафедр ботаники, зоологии позвоночных, зоологии беспозвоночных КГУ.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В данной главе представлен обзор литературы по исследованиям фитопланктона равнинных водохранилищ и собственно Куйбышевского водохранилища. Рассматриваются физико-географические и гидрологические особенности, гидрохимический режим Куйбышевского водохранилища, а также особенности динамики фитопланктона, роль зарослей макрофитов, влияние абиотических и антропогенных факторов на планктонные водоросли мелководий.

Глава 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В работе проанализированы результаты многолетних исследований сезонной динамики фитопланктона Волжского и Волжско-Камского плесов Куйбышевского водохранилища в пределах РТ (1988–1993, 1999 и 2002–2005 гг.), а также литературные данные за 1975, 1981–1984 гг. (Паутова, Номоконова, 1994; Экология ..., 1989).

Исследования в 2002–2005 гг. проводили в двух мелководных заливах Волжского (участок 1) и Волжско-Камского (участок 2) плесов Куйбышевского водохранилища, различающихся между собой по степени антропогенного воздействия, защищенностью от ветрового и волнового воздействия и другими условиями (рис. 1).

Участок 1 расположен в н.п. Победилово (южная часть г. Казани). Залив значительно изолирован от водохранилища и отличается замедленным течением и защищенными от ветра берегами, испытывает на себе влияние сточных вод очистных сооружений г. Казани и садово-дачных участков.

Участок 2 расположен около н.п. Татарские Саралы (Лаишевский р-н) и относится к Саралинскому участку Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника (ВКГПБЗ). Этот участок со слабо изрезанной береговой линией и интенсивной динамикой водных масс расположен в зоне активной ветровой и волновой деятельности.

Исследования на обоих участках проводили в зарослях рогаза узколистного – *Typha angustifolia* L., тростника обыкновенного – *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. и на участках открытой воды. Пробы воды отбирали с 3-х станций с разным уровнем воды - от верхней границы зарослей макрофитов до самого глубокого уровня воды в нижней части зарослей. Исследования на каждом участке выполняли, начиная со времени подтопления мелководий с высшей водной растительностью (июнь) до времени осушения этих мелководий (середина октября) с периодичностью 1 раз в 2 недели. По данным лаборатории гидрохимии Института экологии природных систем АН РТ, а также по собственным данным, было выявлено, что участок 1 относился к α -мезосапробной зоне, 3-4 классу качества воды и оценивался как «загрязненный», участок 2 – к β -мезосапробной зоне, 3 классу качества воды и характеризовался как «удовлетворительной чистоты».

Отбор проб фитопланктона **на участке 3** осуществляли в 1988-1990 и 2002 гг. в устьевом расширении р. Меша, которое образовано затоплением поймы реки и расположено в северной части Волжско-Камского плеса (см. рис. 1). Интегрированные пробы воды отбирали на открытой мелководной зоне около о. Большой Мансур на постоянной станции с периодичностью 1 раз в 3–4 дня. В период ледостава пробы отбирали 2–3 раза в месяц. В вегетационные периоды 1991-1993 и 1999 гг. исследовали суточную динамику и вертикальную миграцию фитопланктона в водах Мешинского залива. Пробы воды брали через каждые 2–3 ч. круглосуточно с глубин 0.5,

2,0, 4,0 и 7,0 м в русловой части и с глубин 0,5, 1,0, 1,5 м на прибрежных мелководьях.

Всего обработано более 460 количественных и более 500 качественных проб фитопланктона. При отборе проб измеряли температуру воды и прозрачность по диску Секки. В период исследований регистрировали метеоусловия и гидрологические особенности водохранилища. Отбор и камеральную обработку проб фитопланктона осуществляли согласно общепринятым методам (Методика..., 1975; Водоросли, 1989).

Для характеристики структурных показателей сообществ фитопланктона изучали динамику общего и относительного видового богатства (Садчиков, 2003). Доминирующими в сообществах считали виды с численностью или биомассой большей или равной 10% от общих показателей, субдоминантов – 5-10%. Доминирующие комплексы выделены на основе функции рангового распределения по численности и биомассе видов (Федоров и др., 1977). При анализе флористического состава фитопланктона и сравнении исследованных участков, а также между разными годами рассчитывали коэффициенты видового сходства по формулам Чекановского–Сьеренсена, Жаккара (Садчиков, 2003). Для каждой пробы вычисляли индекс трофности по блоку Милиуса: $Ib = 44.87 + 23.22 \cdot \log B$ (Милиус и др., 1979; Андроникова, 1993), индекс сапробности Пантле и Букка в модификации Сладечека (Sladecsek, 1973). Для оценки разнообразия и выравнинности сообществ применяли информационный индекс Шеннона-Уивера, рассчитанный по биомассе и численности видов (Shannon, Weaver, 1963).

Для оценки сложности структуры фитопланктонного сообщества использовали индекс ценотической значимости (ИЦЗ) и расчетные коэффициенты, полученные на его основе (Методика ..., 1975; Методические ..., 1984; Рогозин, 2000; Снитько, Рогозин, 2002). После ранжирования видовых списков по убыванию величины ИЦЗ для каждого исследованного биотопа, были получены кривые доминирования, позволяющие в определенной степени судить о роли любого вида в фитопланктонном ценозе (Рогозин, 2000). Полученные кривые описываются экспоненциальными уравнениями вида: $y = ae^{-bx}$, где константа «а» определяет наклон кривой (коэффициент детерминации $R^2 = 0.87-1.00$). Чем резче выражено доминирование, тем круче наклон кривой, и, следовательно, больше величина константы «а» (Рогозин, 2000). Коэффициент структурированности (КС) рассчитывали в виде обратной величины константы «а» (показателю доминирования): $КС = 1/a \times 100\%$. Чем больше величина КС, тем сложнее структура сообщества. Также находили ИЦЗ видов-супердоминантов ($ИЦЗ_{\max}$) как индикаторные параметры при определении трофического типа биотопов. Для этой же цели применяли суммарную ценотическую значимость ($\sum ИЦЗ$) всех видов, входящих в фитопланктонное сообщество.

Статистическую обработку данных выполняли с использованием параметрических (критерий Стьюдента, средняя арифметическая и ее

стандартная ошибка) и непараметрических критериев (Вилкоксон-тест, ранговая корреляция Спирмена) (Боровиков, Боровиков, 1998; Компьютерные ..., 2002, 2003; и др.). Для оценки достоверности различий в таксономическом разнообразии и количественных показателей сообществ фитопланктона между факторами – двумя участками (1 и 2) и биотопами (заросли макрофитов и открытые мелководья), использовали способ множественных повторных сравнений (ANOVA; Tukey's HSD тест). Перед обработкой в ANOVA данные преобразовывали в нормальное распределение с использованием функции $\text{Log}_{10}(x+1)$.

Глава 3. СОСТАВ И КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ФИТОПЛАНКТОНА ПРИБРЕЖНЫХ МЕЛКОВОДИЙ ВОЛЖСКОГО И ВОЛЖСКО-КАМСКОГО ПЛЕСОВ

За период наблюдений в фитопланктоне исследованных участков было обнаружено 336 таксонов водорослей (323 вида), относящихся к 8 отделам, среди которых по видовому разнообразию преобладают зеленые (36.8%), диатомовые (26.2%) и синезеленые (12.1%) водоросли. Другие группы менее разнообразны (эвгленовых – 7.8%, золотистых – 6.9%, желтозеленых – 4.4%, динофитовых – 3.7% и криптофитовых – 2.2%).

Водоросли представлены несколькими экологическими группами, различающихся по видовому составу, условиям произрастания, динамике развития и т. д., и включают в себя водорослей фитопланктона, эпипелона, эпифитона и свободно плавающие нити или скопления нитчатых водорослей. Фитопланктон в основном представлен метафитомом, качественный состав которого в зарослях зависит от развития погруженных макрофитов и нитчатых водорослей, а также от гидрологических и погодных условий. Наибольшее видовое разнообразие характерно для летне–осеннего периода.

Фитопланктон в зарослях макрофитов формируют эвгленовые, динофитовые, диатомовые и десмидиевые водоросли. Фитопланктон открытых участков представлен преимущественно синезелеными, диатомовыми, вольвоксовыми и хлорококковыми водорослями (табл. 1 и 2).

Таблица 1. Количество таксонов фитопланктона в различных биотопах двух участков мелководий Волжского и Волжско–Камского плесов (2002-2005 гг.)

Группа	Участок 1			Участок 2	
	заросли рогоза	заросли тростника	без зарослей	заросли рогоза	без зарослей
Синезеленые	14	19	32	14	18
Эвгленовые	17	12	8	8	7
Динофитовые	6	7	4	7	5
Диатомовые	51	50	30	51	40

Желтозеленые	4	6	2	1	2
Криптофитовые	4	4	2	3	3
Золотистые	6	9	7	9	7
Зеленые	62	57	44	42	41
Всего:	164	164	129	135	123

Состав и общие количественные показатели фитопланктона в зарослях рогоза и тростника отличаются незначительно. Для фитопланктона зарослей, подверженных загрязнению, характерно возрастание количественных показателей гетеротрофных организмов по сравнению с участками с более высоким качеством воды. Мелководья, где наблюдается интенсивное перемешивание водных масс (участок 2), более благоприятны для местообитания диатомовых водорослей (рис. 2).

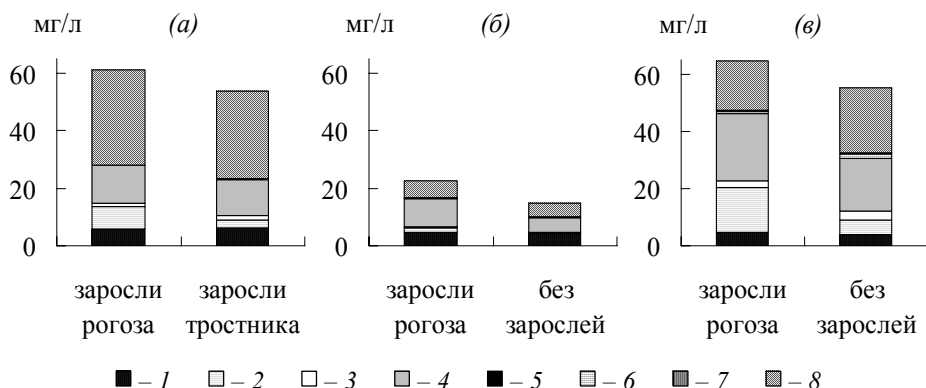


Рис. 2. Средняя биомасса (мг/л) фитопланктона мелководий Волжского и Волжско-Камского плесов: а – участок 1, 2002 г.; б – участок 2, 2002 г.; в – участок 1, 2004 г.; 1 – синезеленые, 2 – эвгленовые, 3 – динофитовые, 4 – диатомовые, 5 – желтозеленые, 6 – криптофитовые, 7 – золотистые, 8 – зеленые.

Таблица 2. Руководящие виды в фитопланктоне мелководий (участки 1 и 2) Волжского и Волжско-Камского плесов Куйбышевского водохранилища в 2002-2005 гг.

Участок № 1	
Заросли макрофитов	Открытое мелководье
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> , <i>Microcystis aeruginosa</i> , <i>Anabaena flos-aquae</i> , <i>An. Scheremetievi</i> , <i>Oscillatoria planctonica</i> , <i>Stephanodiscus hantzschii</i> , <i>Melosira varians</i> , <i>Cyclotella comta</i> , <i>Fragilaria construens</i> , <i>Aulacoseira islandica</i> , <i>Nitzschia palea</i> , <i>Trachelomonas hispida</i> , <i>T. volvocina</i> , <i>Euglena viridis</i> , <i>Chlamydomonas</i> sp., <i>Pandorina morum</i> , <i>Carteria globosa</i> , <i>Coelastrum proboscideum</i> , <i>Crucigenia rectangularis</i> , <i>C. tetrapedia</i> , <i>Scenedesmus quadricauda</i> , <i>Phacotus lenticularis</i> , <i>Cryptomonas ovata</i> .	<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> , <i>Anabaena scheremetievi</i> , <i>Stephanodiscus hantzschii</i> , <i>Cyclotella comta</i> , <i>Nitzschia palea</i> , <i>Trachelomonas intermedia</i> , <i>T. hispida</i> , <i>T. volvocina</i> , <i>Cryptomonas ovata</i> , <i>Chlamydomonas</i> sp., <i>Carteria globosa</i> , <i>Phacotus lenticularis</i> , <i>Scenedesmus quadricauda</i> , <i>Sc. acuminatus</i> , <i>Crucigenia rectangularis</i> , <i>Coelastrum proboscideum</i> , <i>Dictyosphaerium pulchellum</i> .
Участок № 2	
Заросли макрофитов	Открытое мелководье
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> , <i>Anabaena flos-aquae</i> , <i>Microcystis aeruginosa</i> , <i>Melosira varians</i> , <i>Tabellaria fenestrata</i> , <i>Nitzschia palea</i> , <i>Aulacoseira italica</i> , <i>A. granulata</i> , <i>Synedra ulna</i> , <i>Stephanodiscus hantzschii</i> , <i>Cyclotella comta</i> , <i>Amphora ovalis</i> , <i>Trachelomonas volvocina</i> , <i>T. hispida</i> , <i>Euglena viridis</i> , <i>Pandorina morum</i> , <i>Scenedesmus quadricauda</i> .	<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> , <i>Anabaena scheremetievi</i> , <i>An. flos-aquae</i> , <i>Microcystis aeruginosa</i> , <i>Nitzschia palea</i> , <i>Aulacoseira islandica</i> , <i>A. italica</i> , <i>A. granulata</i> , <i>Melosira varians</i> , <i>Stephanodiscus hantzschii</i> , <i>Gomphonema olivaceum</i> , <i>Cyclotella comta</i> , <i>Tabellaria fenestrata</i> , <i>Diatoma vulgare</i> , <i>Cocconeis placentula</i> , <i>Amphora ovalis</i> , <i>Chlamydomonas</i> sp., <i>Navicula cryptocephala</i> , <i>Fragilaria construens</i> , <i>Scenedesmus quadricauda</i> .

Наибольшие качественные и количественные показатели фитопланктона характерны для мелководий загрязненного и слабо проточного участка 1, расположенного в черте г. Казань ($p < 0.04$). Они превышают показатели, выявленные на участке 2, подверженном сильному ветровому и волновому воздействию, а также характеризующемуся меньшей степенью загрязнения, в 1.8 раза по численности и 3.2 раза по биомассе.

Также на участке 1 наблюдаются существенные различия видовой

структуры фитопланктона между открытым мелководьем и зарослями макрофитов, при этом общие количественные показатели в зарослях и на открытых мелководьях отличаются незначительно. Влияние макрофитов на вегетацию планктонных водорослей в условиях повышенной трофности воды выражено слабее, биогенные вещества, содержащиеся в избытке на этом участке, не служат лимитирующим фактором для водорослей. На участке 2, напротив, общие количественные показатели фитопланктона в зарослях и на открытых мелководьях различаются между собой, общая биомасса фитопланктона в 1.5 раза выше в рогозовых ассоциациях, чем на открытых биотопах. В то же время на этом участке наблюдается более схожий видовой состав и соотношение водорослей между сообществами фитопланктона в зарослях макрофитов и на мелководьях без высшей водной растительности.

Главные различия сообществ фитопланктона различных типов биотопов мелководий проявляются в структуре доминирования определенных видов водорослей. С ростом уровня трофности происходит повышение показателей доминирования и упрощение структуры фитопланктона. На открытых мелководьях Куйбышевского водохранилища условия среды менее стабильны, чем в зарослях макрофитов, что обусловлено динамикой водных масс в водоеме. Как показывают исследования, в зарослях макрофитов формируется более сбалансированное и организованное сообщество фитопланктона.

Глава 4. СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА СООБЩЕСТВ ФИТОПЛАНКТОНА РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ МЕЛКОВОДИЙ ВОЛЖСКОГО И ВОЛЖСКО-КАМСКОГО ПЛЕСОВ

В главе рассмотрены особенности сезонной динамики фитопланктона различных биотопов прибрежных мелководий Волжского и Волжско-Камского плесов Куйбышевского водохранилища в вегетационные периоды 2002 и 2004 гг. (участок 1 и 2; см. рис. 1).

Рассматриваемые 2002 и 2004 гг. отличались погодными условиями и разным гидрографом хода уровня воды (рис. 3). Особенности гидрологического режима в рассматриваемые годы не могли не сказаться на развитии сообществ водорослей (рис. 4). Ход сезонных изменений общей биомассы и численности фитопланктона в зарослях макрофитов мало отличается от открытых участков водохранилища и в течение вегетационного сезона на всех исследованных участках наблюдаются два пика с максимумами в июне-июле и в конце августа. Сроки наступления этих пиков непосредственно зависят от метеорологических условий и колебания уровня воды. Как показывают исследования, развитие планктонных водорослей в зарослях происходит параллельно с сезонным формированием растительных биотопов. В начале лета, пока высшая водная растительность развита в малой степени, качественный и количественный состав фитопланктона на участках с зарослями и открытой воды отличаются незначительно. Общая численность

В

в этот период невысокая и определяется развитием центрических диатомовых, синезеленых и вольвоксовых водорослей.

С началом роста макрофитов к фитопланктону в зарослях присоединяются виды эпипелона и эпифитона (виды пенистых диатомовых, обрывки зеленых нитчатых и десмидиевых водорослей). С разрастанием макрофитов продукция зеленых фотосинтезирующих водорослей лимитируется низкой освещенностью. Содержание эвгленовых, динофитовых и диатомовых водорослей, то есть подвижных и гетеротрофных форм, которые сами могут выбирать наиболее благоприятное местонахождение для себя, напротив, возрастает. В середине лета в зарослях формируется альгоценоз, отличающийся от фитопланктона открытого мелководья, что особенно заметно на участке 1 (Победилово), относительно изолированном от пелагиали водохранилища и с более замедленным стоком, а также в периоды стабильности водных масс.

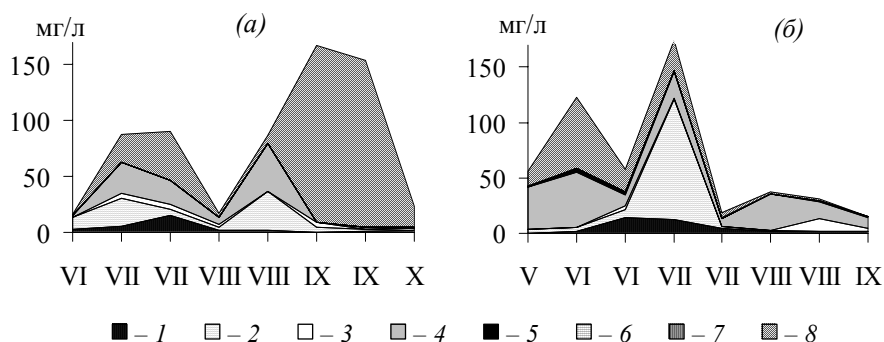


Рис. 4. Динамика общей биомассы (мг/л) фитопланктона зарослей рогоза участка 1 (Победилово): а – 2002 г.; б – 2004 г.; 1 – синезеленые, 2 – эвгленовые, 3 – динофитовые, 4 – диатомовые, 5 – желтозеленые, 6 – криптофитовые, 7 – золотистые, 8 – зеленые

Несмотря на то, что в результате многолетних наблюдений нам удалось выявить структуру и доминирующие комплексы фитопланктона различных типов биотопов прибрежных мелководий Куйбышевского водохранилища, необходимо отметить, что сообщества фитопланктона в зарослях макрофитов не постоянны, состав и продукция водорослей в них варьирует в зависимости от метеорологических условий, степени затенения, морфологии берегов и колебания уровня воды.

Зона по внешнему краю зарослей, где происходит интенсивный контакт с открытой водой и где существенно увеличивается роль истинного фитопланктона, характеризуется наиболее высоким видовым богатством и обилием водорослей ($p < 0.05$). Для этой зоны характерно наличие «краевого эффекта», то есть наблюдается тенденция к увеличению биоразнообразия и

количественных показателей в зоне смешения.

Многими исследователями (Гуревич, 1973; Коган и др., 1976 и др.) отмечены альгицидные свойства высших водных растений, препятствующие развитию синезеленых водорослей, вызывающих «цветение» воды. Также показано (Ивлев, 1950; Смирнова–Гараева, 1980), что на массовое развитие синезеленых водорослей отрицательно влияет высокая концентрация кислорода, наблюдаемая в зарослях высших водных растений. В Куйбышевском водохранилище, особенно на участках с более интенсивной динамикой водных масс (участок 2, Саралинский) влияние макрофитов на вегетацию синезеленых водорослей выражено крайне слабо. В результате сгонно-нагонных явлений у внешнего края зарослей синезеленые водоросли эпизодически накапливаются, образуя там очень высокие концентрации. В периоды, когда в водохранилище по разным причинам наблюдается резкое повышение уровня воды, динамика водных масс способствует заносу планктонных водорослей открытой воды в заросли, а также повсеместному распространению водорослей, которые развиваются преимущественно в зарослях макрофитов.

На развитие сообществ водорослей влияют и сезонные особенности гидрологического режима водохранилища. Как было отмечено выше, уровенный режим 2002 и 2004 гг. значительно различался. Уровень воды в 2002 г. весной и на протяжении лета был довольно высоким (> 53 м). Также этот год отличался холодной весной и превышением нормы осадков в 1.5–2 раза. Развитие синезеленых водорослей не превышало показателей, характерных для мезосапробной зоны загрязнения. К концу лета 2002 г. понижение уровня воды < 51.5 м привело к осенней вспышке численности и биомассы вольвоксовых водорослей вида *Carteria multifilis* и видов рода *Chlamydomonas*, которая продолжалась и весной следующего года. К концу лета – началу осени в силу своих физиологических особенностей синезеленые водоросли прекращают развиваться, их массовое развитие в водохранилище в этот период обычно не наблюдается. 2004 г. оказался одним из самых теплых за последние 30 лет, максимальный уровень воды наступил на месяц позже, чем в 2002 г. и продержался на отметке близкой 53 м до первой декады августа. В отличие от 2002 г. концентрация зеленых водорослей в планктоне была гораздо ниже, вольвоксовых водорослей, которые столь массово развивались в 2002 г., в 2004 г. не было обнаружено. С начала сентября численность и биомасса фитопланктона начали снижаться и далее подъемов не наблюдалось.

Таким образом, как сезонные, так и любые флуктуации уровня воды в Куйбышевском водохранилище в первую очередь отражаются на сообществах фитопланктона прибрежных мелководий, причем в одинаковой степени как в зарослях макрофитов, так и на открытом мелководье. Наибольшая перестройка структуры сообщества происходит при смене фазы гидрологического цикла – переходе от многоводного периода к маловодному

и наоборот. В условиях водохранилища все процессы развития в сообществах планктонных водорослей, направленные на создание структурно-функционального порядка, систематически прерываются различными нарушениями (половодье, дождевые паводки, засуха, образование наносов и т.д.). Сформировавшиеся сообщества, в первую очередь, из-за колебаний уровня воды, постоянно трансформируются и это не позволяет выявить четкие границы между сообществами разных биотопов. Структура сообществ планктонных водорослей, которая формируется в определенных типах биотопов, в условиях водохранилища постоянно подвергается нарушению.

Глава 5. СЕЗОННАЯ, МЕЖГОДОВАЯ И МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ФИТОПЛАНКТОНА МЕЛКОВОДИЙ ВОЛЖСКО-КАМСКОГО ПЛЕСА В СВЯЗИ С РЕЖИМОМ УРОВНЯ ВОДЫ

В главе проанализированы результаты многолетних исследований сезонной динамики фитопланктона мелководий Волжско-Камского плеса Куйбышевского водохранилища в зависимости от гидрологических условий (участок 3; см. рис. 1). В работе использованы данные, полученные в 1988-1993, 1999 и 2002 гг., а также данные из литературных источников за 1975, 1981–1984 гг. (Экология ..., 1989; Паутова, Номоконова, 1994; табл. 3).

Сезонная динамика фитопланктона водохранилища определяется, главным образом, динамикой гидрометеорологических условий. Фитопланктон слабо развит под заснеженным льдом зимой и беден в паводковых водах при высокой их мутности и сильном течении. С началом термической стратификации, имеющей неустойчивый характер на протяжении всего периода открытой воды, увеличивается обилие зеленых и диатомовых водорослей (рис. 5). К концу весны при массовом развитии зоопланктона численность водорослей обычно снижается и наступает непродолжительная фаза «чистой воды». При дальнейшем прогреве водных масс до 20°C и выше доминируют синезеленые водоросли. Они же определяют облик фитопланктона в озеровидных расширениях водохранилища, нередко вплоть до ледостава. Наряду с ними летом интенсивно развиваются зеленые и диатомовые водоросли. В отдельные годы диатомовые регистрируются в концентрациях, позволяющих говорить об осеннем максимуме в развитии фитопланктона (Экология ..., 1989; Халиуллина и др., 2002; Халиуллина, 2006; Халиуллина и др., 2009).

В фитопланктоне зимой и ранней весной доминируют *Aulacoseira islandica* и *Oscillatoria planctonica*, в весенне-летний период - *A. islandica*, *A. italica*, *Stephanodiscus hantzschii*, *Cyclotella comta*, *Diatoma elongatum*, *Nitzschia palea*, *N. acicularis*, *Aphanizomenon flos-aquae*, летом и осенью – *A. islandica*, *A. italica*, *S. hantzschii*, *A. flos-aquae*, *Anabaena flos-aquae*, *An. scheremetievi*, *Microcystis aeruginosa*, *M. pulvereae*, *Gomphosphaeria lacustris*, *Scenedesmus quadri- cauda*, *Tetrastrum triacantum*, *Kirchneriella lunaris*,

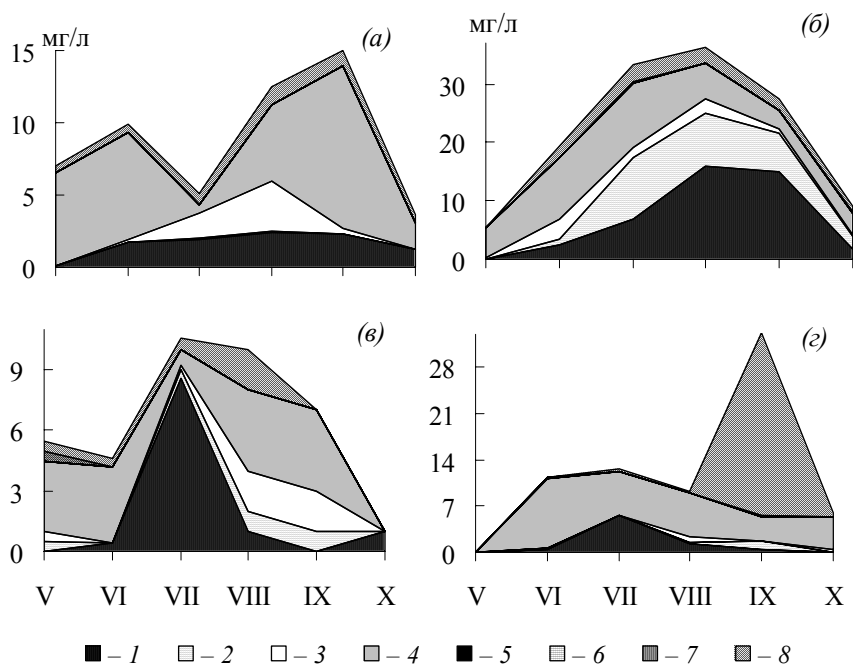


Рис. 5. Динамика общей биомассы (мг/л) фитопланктона Волжско-Камского плеса Куйбышевского водохранилища: *а* – 1988 г., *б* – 1989 г., *в* – 1990 г., *г* – 2002 г.: 1 – синезеленые, 2 – эвгленовые, 3 – динофитовые, 4 – диатомовые, 5 – желтозеленые, 6 – криптофитовые, 7 – золотистые, 8 – зеленые

Таблица 3. Гидрологические показатели Куйбышевского водохранилища и среднегодовая биомасса, мг/л, фитопланктона Волжско-Камского плеса (прочерк – отсутствие данных)

Показатель	1975 г.	1981 г.	1982 г.	1983 г.	1984 г.	1988 г.	1989 г.	1990 г.
Уровень воды (среднее значение за год), м, БС	50.3	52.3	52.1	52.6	51.1	52.0	50.8	53.1
Коэффициент условного водообмена (средне годовой)	2.9	4.0	4.2	3.8	4.7	–	–	–
Месяц, в котором наблюдался максимальный уровень воды	IV	V	V	IV	IV-V	V	VI	III-IV
Месяц, в котором наблюдался минимальный уровень воды	I	II-III	II-III	II	III	II	I	II
Водность года	Мало- водный	Много- водный	Средне- водный	Средне- водный	Мало- водный	Мало- водный	Мало- водный	Много- водный
Суммарный приток (основной и боковой приток, осадки), км ³ , и их отклонения от среднелетних значений, %	165.6 (–33.6)	294.0 (+17.8)	233.0 (–6.6)	247.0 (–1.0)	221.0 (–11.4)	209.0 (–16.2)	217.0 (–22.2)	338.0 (+4.0)
Осадки, км ³ , и их отклонения от среднелетних значений, % [*]	18(–320)	22(–177)	2.7 (1.9)	2.9 (+10.2)	22(–162)	2.5 (–4.5)	–	–
Среднегодовая биомасса, мг/л фитопланктона	16.7±2.3	8.1±1.8	6.8±2.4	8.8±1.9	7.2±3.3	8.9±1.8	21.8±5.2	6.8±1.3

В сезонной динамике фитопланктона наблюдаются два пика численности и биомассы – весенне–летний и летне–осенний, в период которых достигаются максимальные значения численности и биомассы (в наших наблюдениях до 308.6 млн. кл./л и 44.0 мг/л). В летне–осенний период «цветение» воды связано с массовым развитием синезеленых водорослей родов *Aphanizomenon*, *Anabaena*, *Microcystis*. Воды Волжско-Камского плеса в течение большей части вегетационного сезона относятся к β -мезасапробному типу и соответствуют умеренно-загрязненной зоне.

При стабильном характере сезонной сукцессии доминирующих в фитопланктоне Куйбышевского водохранилища видов водорослей резко различается по годам их продуктивность. К настоящему времени анализу межгодовой изменчивости фитопланктона в озерах и водохранилищах посвящено много работ, в которых рассмотрены самые разнообразные зависимости от температуры, прозрачности и других факторов, включая солнечную и геомагнитную активность (Kalf, Knoechel, 1978; Трифонова, 1986; Sommer et al., 1986; Tailing, Heney, 1988; Reynolds, 1990; Девяткин, Вайновский, 1993; Девяткин и др., 1996, 2000 а, б, 2001; George, Hewitt, 1998; Пырина, 2000; George, 2002; Минеева, 2004 и др.).

По литературным данным, результаты корреляционного анализа выявляют слабую связь содержания хлорофилла «а» с гидрометеорологическими показателями Волжских водохранилищ. Более или менее значимое влияние на концентрацию водорослей обнаружено температуры воды и скорости ветра. Также выявлена связь межгодовых колебаний концентрации хлорофилла «а» с показателями водности водохранилищ. Наибольшие количественные показатели фитопланктона отмечены в годы с низким уровнем воды (Экология ..., 1989; Паутова, Номоконова, 1994; Минеева, 2004).

Проведенные нами исследования показывают, что в условиях Куйбышевского водохранилища даже сильные ветра мало влияют на динамику количественных показателей фитопланктона. Массовое развитие синезеленых водорослей, вызывающих «цветение» воды, не прерывается и лишь претерпевает кратковременные изменения. Температура воды в значительной степени определяет различия по годам продолжительности отдельных сезонов. В летний период биомасса фитопланктона и температура воды в Куйбышевском водохранилище всегда характеризуются положительной корреляционной связью ($p < 0.03$). Однако значительные вариации содержания фитопланктона при близких термических условиях разных лет указывают, что его изменения регулируются другими факторами. Кроме того, при близких температурах воды в разные годы средние и максимальные концентрации фитопланктона различаются во много раз (рис. 6).

Как показывают исследования, явления «цветения» и эвтрофирования водохранилища всегда начинаются в мелководных зонах, где ветровое перемешивание обеспечивает подток биогенных веществ в зону фотосинтеза.

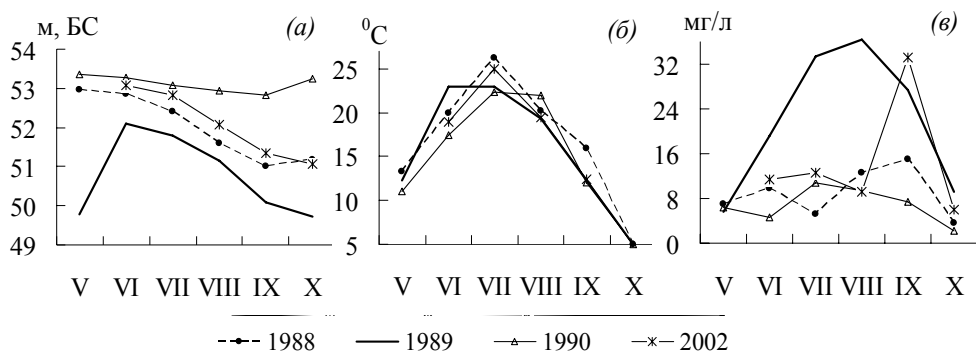


Рис. 6. Динамика уровенного режима (м БС), температуры воды ($^{\circ}\text{C}$) и общей биомассы (мг/л) фитопланктона Волжско-Камского плеса Куйбышевского водохранилища в 1988-1990 и 2002 гг.

Также их развитию благоприятствует достаточно высокая температура воды на этих участках на протяжении большей части периода вегетации. Доминирующие виды водорослей летне-осеннего периода формируют водорослевые сообщества в водохранилище в начале вегетационного сезона следующего года. По нашим наблюдениям, дальнейшее развитие фитопланктона и его состав зависят, главным образом, от уровенного режима. Понижение уровня воды неуклонно приводит к превращению более глубоководных участков в мелководные, что делает более доступными для фитопланктона биогенных веществ, поступающих из донных отложений (рис. 7).

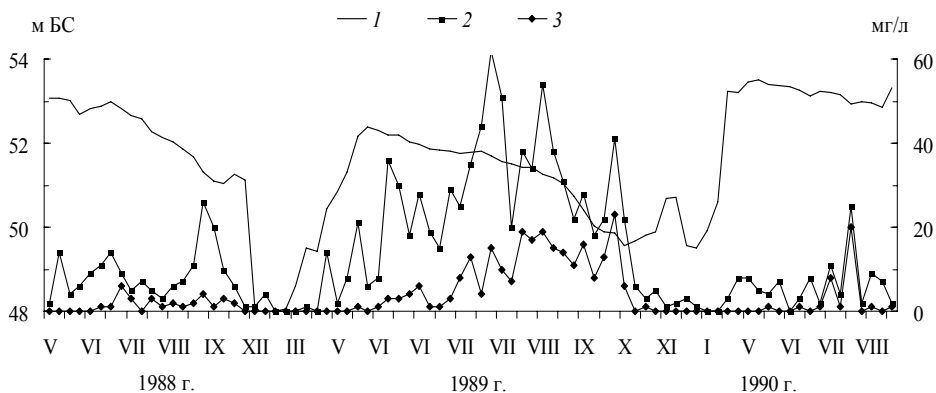


Рис. 7. Динамика уровня воды (1), общей биомассы (мг/л) фитопланктона (2) и биомассы (мг/л) синезеленых водорослей (3) в Волжско-Камском плесе Куйбышевского водохранилища в 1988–1990 гг.

Разные годы также отличаются степенью развития водорослей отдельных систематических групп и, соответственно, структурой альгоценозов по соотношению их численности и биомассы. Так, в 1983 г. при очень низком уровне воды в первой половине лета и при температуре воды выше среднего общая биомасса фитопланктона составляла 25 мг/л. Во второй половине лета произошло искусственное заполнение водохранилища водами выше расположенных водохранилищ выше отметки 52 м. Несмотря на то, что вода содержала в себе достаточное количество клеток фитопланктона и лето было жарким, общая биомасса фитопланктона уменьшилась до 3 мг/л. В дальнейшем в этом году возрастания биомассы водорослей не наблюдалось.

1990 и 2002 г. были чрезвычайно схожими по уровенному режиму (не ниже отметок 53 м) весной и на протяжении почти всего лета. Хотя по метеорологическим условиям эти годы сильно различались (жаркая весна и дефицит атмосферных осадков в 1990 г., холодная весна и превышение нормы осадков в 1.5–2 раза в 2002 г.), динамика и состав фитопланктона были сходными. Развитие синезеленых водорослей не превышало показателей мезосапробной зоны загрязнения. К концу лета 2002 г. понижение уровня воды < 51.5 м привело к осенней вспышке численности и биомассы вольвоксовых водорослей, которая продолжалась и весной 2003 г. В этот период повысилось содержание в воде растворенных биогенных веществ (в частности нитратов, аммония и соединений фосфора).

Таким образом, понижение уровня воды в водохранилище неизбежно приводит к массовому развитию фитопланктона, если не синезеленых, то видов из других отделов, представители которых могут быть индикаторами более высоких зон сапробности. В водохранилищах Среднего Поволжья обычно осенний пик фитопланктона бывает обусловлен вспышкой развития синезеленых или диатомовых водорослей. В другие годы наблюдений такого резкого повышения численности и биомассы вольвоксовых в Куйбышевском водохранилище не отмечалось.

В 1990 г., по погодным условиям более благоприятном для развития фитопланктона, при поддержании уровня воды в водохранилище не ниже 53 м БС, повышения биомассы фитопланктона в течение всего лета и осени не наблюдалось.

Как показывают исследования, в Куйбышевском водохранилище при ранней и теплой весне и при относительно низком уровне воды (< 52 м) в начале вегетационного сезона, уже к середине лета фитопланктон в Куйбышевском водохранилище вызывает стойкое «цветение» воды, обусловленное развитием более токсичных видов синезеленых водорослей из родов *Microcystis* и *Anabaena*. Однако при таких же метеорологических условиях, но при поддержании уровня воды не ниже 53 м показатели фитопланктона не превышают мезотрофного уровня, а «цветение» воды связано с развитием видов рода *Aphanizomenon*, отличающихся меньшей токсичностью (Водоросли, 1989) их экзометаболитов для водных организмов

по сравнению с представителями вышеуказанных родов.

Результаты проведенных исследований многолетней и сезонной динамики фитопланктона в различные годы, отличающиеся гидрометеорологическими условиями и уровнем режимом, свидетельствуют о том, что такие климатические факторы как солнечная энергия, скорость ветра и температура воды сами по себе не являются определяющими причинами межгодовых флуктуаций фитопланктона мелководий верхней части Куйбышевского водохранилища. Гидрофизические и гидрохимические параметры водохранилища (такие как прозрачность, цветность, содержание биогенных соединений), как известно, обусловлены, прежде всего, колебанием уровня воды. Результаты исследований показывают, что именно динамика уровня воды в Куйбышевском водохранилище в сочетании с климатическими условиями – определяющий фактор развития фитопланктона.

Статистический анализ множественных повторных сравнений (ANOVA; Tukey's HSD тест) также подтвердил, что рассмотренные годы, различающиеся по водности, динамике уровня воды и другим показателям, характеризуются разной степенью развития планктонных водорослей в вегетационный период. Отрицательные коэффициенты корреляции также позволяют заключить об обратной зависимости показателей фитопланктона от уровня воды (табл. 4).

Таблица 4. Коэффициенты ранговой корреляции Спирмена (r) и уровни их достоверности (p) между уровнем воды и показателями фитопланктона и синезеленых водорослей (вегетационные периоды 1988, 1989 и 1990 гг.)

Показатель	r	p
Число таксонов фитопланктона	-0.40	< 0.002
Число таксонов синезеленых	-0.35	< 0.005
Численность фитопланктона	-0.51	< 0.00002
Численность синезеленых	-0.55	0.000004
Биомасса фитопланктона	-0.53	0.000008
Биомасса синезеленых	-0.52	0.0001

В этой связи возникает возможность целенаправленно регулировать развитие планктонных водорослей в водохранилищах. Многие исследователи (Сиренко, 1972; Сиренко, Гавриленко, 1978; Девяткин и др., 2000; Nakanson, Boulion, 2001) сходятся во мнении, что реально снизить отрицательные последствия эвтрофирования в виде «цветения» воды можно, изменяя некоторые гидрологические и физические характеристики водоема, в частности, усилением проточности и увеличением водообмена, а также усилением разбавления за счет притока обедненных биогенными веществами вод. Однако в связи с дефицитом воды для ряда регионов метод

регулирования интенсивности «цветения» с помощью усиления проточности и увеличения водообмена затруднен по многим причинам.

Полученные в ходе исследований результаты показывают, что основное регулирующее влияние на развитие фитопланктона Куйбышевского водохранилища может оказывать уровенный режим. Повышение трофического статуса и ухудшение качества воды – отклик экосистемы равнинных водохранилищ на снижение и интенсивную динамику уровня воды. Выявление пороговых величин гидрологических параметров, при достижении которых начинается процесс «цветения», открывает возможности прогнозирования условий «цветения» и управления качеством воды.

Изучение динамики состава, обилия и продуктивности планктонных водорослей при зарегулировании стока волжских вод имеет огромное теоретическое и практическое значение для населения бассейна реки. Дальнейшие исследования должны быть направлены на разработку систем уравнений, связывающих содержание фитопланктона с гидрохимическими, морфометрическими и гидрофизическими параметрами, которые отражали бы поведение доминирующих в фитопланктоне видов водорослей и динамику водной экосистемы в целом. Становится очевидной необходимость регулярных наблюдений за состоянием фитопланктона и процессом «цветения» воды Волжских водохранилищ.

ВЫВОДЫ

1. В фитопланктоне мелководий Волжского и Волжско-Камского плесов Куйбышевского водохранилища выявлено 336 таксонов водорослей (323 вида), относящихся к 8 отделам, среди которых по видовому разнообразию преобладают зеленые (36.8%), диатомовые (26.2%) и синезеленые (12.1%) водоросли, на долю других групп приходится от 2.2% (криптофитовые) до 7.8% (эвгленовые). Фитопланктон открытых участков формируют преимущественно синезеленые, диатомовые, вольвоксовые и хлорококковые водоросли; зарослей макрофитов – эвгленовые, динофитовые, диатомовые, десмидиевые. Состав и общие количественные показатели фитопланктона в зарослях рогоза и тростника отличаются незначительно. Наибольшее видовое разнообразие характерно для летне–осеннего периода.

2. В фитопланктоне зимой и ранней весной доминируют *Aulacoseira islandica* и *Oscillatoria planctonica*, в весенне–летний период – *A. islandica*, *A. italica*, *Stephanodiscus hantzschii*, *Cyclotella comta*, *Diatoma elongatum*, *Nitzschia palea*, *N. acicularis*, *Aphanizomenon flos-aquae*, летом и осенью – *A. islandica*, *A. italica*, *S. hantzschii*, *A. flos-aquae*, *Anabaena flos-aquae*, *An. scheremetievi*, *Microcystis aeruginosa*, *M. pulvereae*, *Gomphosphaeria lacustris*, *Scenedesmus quadricauda*, *Tetrastrum triacantum*, *Kirchneriella lunaris*, *Trachelomonas volvocina*, *T. hispida*. В сезонной динамике выявлены два пика количественных показателей – весенне–летний и летне–осенний; во время последнего

наблюдается «цветение» воды, обусловленное массовым развитием синезеленых водорослей родов *Aphanizomenon*, *Anabaena*, *Microcystis*.

3. Формирование структуры сообществ и количественные показатели фитопланктона прибрежных мелководий зависит от рельефа береговой зоны, проточности и динамики водных масс, степени зарастания высшей водной растительностью, и главным образом, от концентрации биогенных веществ на данном участке водохранилища.

4. Максимальные качественные и количественные показатели фитопланктона характерны для защищенных мелководий загрязненных и слабо проточных заливов, для которых также характерно существенное различие в видовой структуре между открытым мелководьем и зарослями макрофитов, при этом общие количественные показатели в зарослях и на открытых мелководьях отличаются незначительно. Влияние макрофитов на вегетацию планктонных водорослей в условиях повышенной трофности воды выражено слабо, биогенные вещества, содержащиеся в избытке на этом участке, не служат лимитирующим фактором для водорослей.

5. На участках с интенсивной динамикой водных масс и с более высоким качеством воды, напротив, общие количественные показатели фитопланктона в зарослях превышают таковые на открытых мелководьях. В то же время на этом участке наблюдается более схожий видовой состав и соотношение водорослей между сообществами фитопланктона в зарослях макрофитов и на мелководьях без высшей водной растительности.

6. Основные различия сообществ фитопланктона разных типов биотопов мелководий проявляются в структуре доминирования определенных видов водорослей; с ростом уровня трофности происходит повышение показателя доминирования и упрощение структуры фитопланктона. Наиболее выравненные и с высоким видовым разнообразием сообщества формируются в зарослях макрофитов. Пограничная зона зарослей характеризуется более высоким видовым богатством и обилием водорослей из различных экологических групп, что можно объяснить «краевым эффектом».

7. В условиях Куйбышевского водохранилища структура сообществ фитопланктона различных типов биотопов мелководий не постоянна и систематически нарушается вследствие как сезонных, так и любых флуктуаций уровня воды, а также других факторов, которые сглаживают различия фитопланктона в разных биотопах. Уровенный режим в водохранилище в сочетании с климатическими условиями – определяющий фактор развития фитопланктона на мелководьях. Наибольшая перестройка структуры сообщества происходит при смене фазы гидрологического цикла - переходе от многоводного периода к маловодному и наоборот.

8. Повышение концентрации доступных водорослям биогенных веществ при снижении уровня воды – причина изменения структуры и повышения продуктивности фитопланктона мелководий. При поддержании уровня воды < НПУ (53 м БС) в июне–октябре создаются благоприятные условия для

массового развития планктонных водорослей и «цветения» воды. При ранней весне и относительно низком уровне воды (< 52 м) в начале лета, в дальнейшем наблюдается стойкое «цветение» воды, обусловленное развитием наиболее токсичных видов синезеленых водорослей родов *Microcystis* и *Anabaena*. При тех же метеорологических условиях, но при обеспечении НПУ не ниже 53 м такого массового развития синезеленых водорослей не происходит, а «цветение» воды вызывают менее токсичные водоросли рода *Aphanizomenon*. Отрицательные последствия эвтрофирования в виде «цветения» воды в Куйбышевском водохранилище можно уменьшить путем поддержания оптимального уровня воды – не ниже НПУ (53 м) в летний период.

СПИСОК ОСНОВНЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

В изданиях, рекомендованных ВАК

1. Мингазова Н.М., Деревенская О.Ю., Палагушкина О.В., Павлова Л.Р., Набеева Э.Г., Зарипова Н.Р., Замалетдинов Р.И., Кондратьева Т.А., Павлов Ю.И., Унковская Е.Н., Борисович М.Г., Халиуллина Л.Ю. Биоразнообразие водных объектов г. Казани // Ученые записки КГУ. Серия Естественные науки. – 2008. – Т. 150, № 4. – С. 252-261.
2. Халиуллина Л.Ю., Яковлев В.А., Халиуллин И.И. Зависимости сезонной и межгодовой динамики фитопланктона от уровня режима Куйбышевского водохранилища // Водные ресурсы. – 2009. – Т. 36, № 4. – С. 481-487

В прочих изданиях

3. Салахутдинов А.Н., Нигметзянова (Халиуллина) Л.Ю. Сезонная динамика фитопланктона открытых мелководий Куйбышевского водохранилища // Проблемы охраны вод и рыбных ресурсов. – Сб. научных трудов, ч.1. – Казань, 1990. – С. 110-113.
4. Халиуллина Л.Ю., Амосов Д. В. Фитопланктон охраняемых рек Казанка и Меша (РТ) // Роль особо охраняемых природных территорий в сохранении биоразнообразия: Матер. научно–практической конференции. – Чебоксары-Казань, 2000. – С. 227-233.
5. Халиуллина Л.Ю. Динамика развития фитопланктона реки Меша // Гидробиотаника 2000: Тез. докладов V Всероссийской конференции по водным растениям. – Борок, 2000. – С. 89-90.
6. Халиуллина Л.Ю. Современное состояние фитопланктона реки Меша // Актуальные экологические проблемы РТ: Матер. IV республиканской научной конференции. – Казань, 2000. – С. 86-87.
7. Халиуллина Л.Ю. Фитопланктон реки Меша // Экологический вестник Чувашской Республики. Вып. 26. – Чебоксары, 2001. – С. 62-68.

8. *Amosov D.V., Khaliullina L.U.* Phytoplankton composition and pigment concentrations as indicators of water quality in the Mesha and Kazanka Rivers // Abstract book of the Conference on Management of Northern River Basins. – Oulu, Finland, 2001 – P. 6–8. **Халиуллина Л.Ю., Палагушкина О.В., Салахутдинов А.Н., Бариева Ф.Ф., Амосов Д.В., Яковлев В.А.** Фитопланктон поверхностных вод республики Татарстан // Вестник ТО РЭА. – 2002. – № 3-4 (13-14). – С. 30-45.
9. **Халиуллина Л.Ю.** Сезонная динамика и суточная вертикальная миграция *Myrocystis aeruginosa* Kutz. emend Elenk. и *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs // Фундаментальные и прикладные проблемы популяционной биологии: VI Всероссийский популяционный семинар. – Нижний Тагил, 2002. – С. 188-190.
10. **Халиуллина Л.Ю.** Фитопланктон прибрежных мелководий Мешинского залива // Современные проблемы водной токсикологии: Тез. Всероссийской конференции. – Борок, 2002. – С.308-310.
11. **Яковлев В.А., Алябьев А.Ю., Амосов Д.В., Борисович М.Г., Иванов Д.В., Кондратьева А.Т., Лосева Н.Л., Халиуллина Л.Ю.** Структурно-функциональная характеристика планктонного комплекса Куйбышевского водохранилища вблизи г. Казани // Актуальные проблемы водохранилищ: Тез. докладов Всероссийской конференции. – Борок, 2002. – С. 343-346.
12. **Халиуллина Л.Ю.** Фитопланктон особо охраняемой реки Казанка // Заповедное дело России: принципы, проблемы, приоритеты: Матер. международной научной конференции. – Бахилова Поляна, Жигулевск, 2003. – Т. 2. – С. 401-403.
13. **Яковлев В.А., Горшкова А.Т., Зиганин И.И., Иванов Д.В., Кондратьева Т.А., Халиуллина Л.Ю.** Экологические проблемы охраняемых водных объектов РТ (озера Предкамья и р. Казанка) // Заповедное дело России: принципы, проблемы, приоритеты: Матер. международной научной конференции. – Бахилова Поляна, Жигулевск, 2003. – Т. 2. – С. 507-510.
14. **Яковлев В.А., Борисович М.Г., Халиуллина Л.Ю.** Характеристика экологического состояния особо охраняемых малых рек – Меша, Казанка и Свияга по показателям планктонных сообществ (Республика Татарстан) // Актуальные проблемы экологии: Матер. II Международной научно-практической конференции. – Караганда, 2003. – С. 447-449.
15. **Халиуллина Л.Ю.** Фитопланктон // Экологические проблемы малых рек Республики Татарстан (на примере рек Меша, Казанка и Свияга). – Казань: Издательство «Фэн» АН РТ. – 2003. – 289 с.
16. **Кондратьева Т.А., Борисович М.Г., Яковлев В.А., Ахметзянова Н.Ш., Халиуллина Л.Ю., Махнин В.Г.** Особенности развития гидробионтов в зарослях макрофитов Куйбышевского водохранилища // Экология и безопасность: Матер. IV международной научно-практической конференции. – Пенза, 2004. – С. 61-62.
17. **Халиуллина Л.Ю.** Особенности формирования структуры сообществ фитопланктона в зарослях макрофитов Куйбышевского водохранилища // Эколо-

гические проблемы литорали равнинных водохранилищ: Матер. международной конференции. – Казань, 2004. – С. 138-141.

18. **Халиуллина Л.Ю.** Структурная организация сообществ фитопланктона малых рек в пределах Республики Татарстан // Экосистемы малых рек: биоразнообразие, экология, охрана: Тез. докладов II Всероссийской научной конференции. – Борок, 2004. – С. 90-91.

19. **Бариева Ф.Ф., Халиуллина Л.Ю., Мингазова Н.М.** Водные экосистемы г. Казани и их гидробиоценозы. Фитопланктон городских водоемов и водотоков // Экология города Казани. – Казань: Издательство «Фэн» АН РТ. – 2005. – С.236-248.

20. **Халиуллина Л.Ю.** Особенности сезонной и суточной динамики синезеленых водорослей, вызывающих «цветение» воды Куйбышевского водохранилища // Вопросы общей ботаники: традиции и перспективы: Матер. международной научной конференции. Часть 1. – Казань, 2006. – С. 241-244.

21. **Халиуллина Л.Ю.** Сезонная и межгодовая динамика фитопланктона в зависимости от меняющегося уровня режима Куйбышевского водохранилища // IX съезд Гидробиологического общества РАН: Тез. докладов. Т. 2. – Тольятти, 2006. – С. 219.

22. **Халиуллина Л.Ю.** Механизмы сукцессий фитопланктона Куйбышевского водохранилища // Эколого-гидрологические проблемы изучения и использования водных ресурсов. – Сб. научных трудов. – Казань, 2006. – С. 305-310.

23. **Халиуллина Л.Ю.** Особенности формирования структуры сообществ фитопланктона в зарослях макрофитов Куйбышевского водохранилища // Экологические проблемы бассейнов крупных рек – 4: Тез. докладов международной конференции. – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2008. – С. 173-174.

24. **Кондратьева Т.А., Халиуллина Л.Ю., Борисович М.Г.** Гидробиологическая характеристика открытого мелководья Куйбышевского водохранилища выше г. Казани // Экологические проблемы бассейнов крупных рек – 4: Тез. докладов Международной конференции. – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2008. – С. 86-87.

25. **Халиуллина Л.Ю., Халиуллин И.И.** Влияние уровня режима на сезонную и межгодовую динамику фитопланктона Куйбышевского водохранилища // Современные проблемы альгологии: Матер. международной научной конференции. – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2008. – С. 379-383.

26. **Борисович М.Г., Халиуллина Л.Ю., Яковлев В.А.** Трофическая структура зоопланктона в зарослях рогоза узколистного // Управление водными ресурсами речных водосборов. Водная экология: Труды международной научно-практической конференции. – Пермь, 2009. – С. 224-229.

27. **Халиуллина Л.Ю.** Особенности структурной организации фитопланктона прибрежных мелководий Волжского и Волжско-Камского плесов Куйбышевского водохранилища // Водоросли: проблемы таксономии, экологии и использование в мониторинге: Матер. II Всероссийской конференции. [Электронный ресурс]. – Сыктывкар: ИБК НЦ УрО РАН, 2009. (http://ib.komisc.ru/add/conf/algo_2009).